

機能的近赤外線スペクトロスコピー： 発達心理学と認知脳科学のインターフェイス

Functional near-infrared spectroscopy: interface of developmental psychology and cognitive neuroscience

星 詳子（東京都精神医学総合研究所）

通常、子供は母親を中心とする養育環境に強く影響を受けて育つと考えられているが、発達のどの時期にどのような環境が心身の発達に最適かについて定説はない。乳幼児の広義の認知能力（思考、判断など）の発達と社会情緒的発達の過程を明らかにすることができれば、より適切な関わりが可能になると考えられる。脳と心の発達については、発達心理学、認知科学、教育学、小児科学など複数の領域で様々な研究が進められてきたが、未だに未知の領域と言わざるを得ない理由の一つとして、乳幼児を対象とした場合に用いることができる研究方法が限られていることが挙げられる。従来用いられている方法は、行動・表情・発声などの細かな観察、心理学的テスト、そして心拍数などの生理学的パラメータの計測であるが、新に脳科学的アプローチを加えることにより解明の糸口がつかめると期待される。しかし、乳幼児に対しては脳波計測以外に用いることができる脳科学的手法は極めて少なく、最近になって睡眠中の新生児の事象関連電位や functional magnetic resonance imaging (fMRI)に関する報告が散見されるようになってきたにすぎない。

positron emission tomography (PET) や fMRI などの脳機能イメージング法は、ヒト脳機能局在研究に飛躍的な発展をもたらしたが、これらの方法による計測では特殊な測定環境で長時間に渡って体動が制限され、さらに PET においては放射性物質による被爆の問題があり乳幼児に用いることは困難である。一方、近年新しい脳機能計測法として注目されている機能的近赤外線スペクトロスコピー (functional near-infrared spectroscopy, fNIRS) は、脳神経活動にカップリングした脳血流の変化に伴う脳内ヘモグロビン濃度の変化を測定することにより脳の活動状態を捉えるが、被検者は拘束されることなく自然な状態で検査を受けることができるため、PET や fMRI では困難な覚醒状態にある新生児の検査なども可能である。また、特殊な検査室を必要とせず何所でも手軽に計測を行うことができる利点を持ち、乳幼児に脳機能イメージング研究の道を開くと考えられる。

fNIRS による計測には幾つか異なる方法とそれに対応する装置があるが、最も一般的なのは連続光を生体に照射し、照射部位から一定の距離だけ離れた部位に出現した光を計測する方法で、この方法は時間分解能が優れており（通常1秒以下）、リアルタイムで測定結果を連続的に観察することができる。しかし、変化の絶対値を求めることができず、定量化には超短パルス光を用いる時間分解計測法を併用する必要がある。マルチチャンネル連続光型装置とシングルチャンネル時間分解計測装置を組み合わせることにより脳機能イメージングが可能であるが、fNIRS の利点である非拘束性と簡便さが多少失われるため、乳幼児計測ではシングルまたは2チャンネル装置での計測を行っている。本講演では、まずマルチチャンネル脳機能イメージングシステムを用いてワーキングメモリ・タスク遂行時に外側前頭前野の活動状態変化を、空間・時間的に検討した結果を提示して fNIRS について概説し、次に現在行なっている乳幼児前頭葉機能に関する3つの研究：(1) 幼児における感情と脳血流、(2) 乳児の認知機能と社会情緒的発達、(3) 幼児前頭極の運動における役割、を紹介する。